

Feed device, esp. for measuring ripple and roughness by the sensing section method - contains guide for surface scanner carriage with displacement detection of sensor tip movable over surface

Patent number: DE4132724
Publication date: 1993-04-15
Inventor:
Applicant: PERTHEN FEINPRUEF GMBH (DE)
Classification:
- international: G01B7/34; G01B7/34; (IPC1-7): G01B7/34; G01D11/02; G05D3/12
- european: G01B7/34
Application number: DE19914132724 19911001
Priority number(s): DE19914132724 19911001

[Report a data error here](#)

Abstract of DE4132724

A feed device, esp. for measuring ripple and roughness by the sensing section method has a housing contg. a guide arrangement for a surface scanner carriage. The surface scanner can move wrt the carriage on an axis perpendicular to that defined by the guide arrangement. The motion of a sensing tip resting on the surface is converted into displacement-proportional electrical signals as the carriage is driven over the surface. A further mounting arrangement is used to move the surface sensor wrt a further axis at least approximately orthogonal to the first axis. The further axis has an associated drive mechanism. **ADVANTAGE** - The surface sensor is controlled so as to retain the sensing tip within the sensor's linear measurement stroke without the use of guides.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 41 32 724 C 2

⑤ Int. Cl.⁸:
G 01 B 7/34
G 01 D 11/02
G 05 D 3/12

⑳ Aktenzeichen: P 41 32 724.1-42
㉑ Anmeldetag: 1. 10. 91
㉒ Offenlegungstag: 15. 4. 93
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 28. 9. 95

DE 41 32 724 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:

Feinprüf Perthen GmbH Feinmeß- und Prüfgeräte,
37073 Göttingen, DE

㉕ Vertreter:

Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

㉖ Erfinder:

Antrag auf Teilnichtenennung
Gusek, Bernd, Dr.-Ing., 3405 Rosdorf, DE

㉗ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE	26 60 993 C2
DE	26 40 894 C2
DE	26 03 733 B2
DE	27 25 072 A1

㉘ Vorschubgerät

DE 41 32 724 C 2

Beschreibung

Aus der DE-PS 26 40 894 ist ein miniaturisiertes Vorschubgerät für die Rauheitsmessung nach dem Tastschnittverfahren bekannt. Dieses Vorschubgerät weist ein kleines zylindrisches Gehäuse auf, innerhalb dessen sich eine Führungseinrichtung für einen daran längsverschieblich geführten Schlitten befindet. Der Schlitten trägt einen aus einer Stirnseite des Gehäuses herausragenden Arm, an dem ein Oberflächentaster befestigt ist. Mit Hilfe eines Antriebsmotors im Inneren des Gehäuses kann der Schlitten mit einer konstanten Geschwindigkeit über eine wählbare Wegstrecke verschoben werden, so daß die Abtastspitze des Oberflächentasters längs einer entsprechenden Wegstrecke über die zu prüfende Werkstückoberfläche gleitet.

Aufgrund der geringen Größe des gattungsgemäßen Vorschubgerätes kann es ohne weiteres bei Werkstücken, die hinreichende Abmessungen haben, auf das Werkstück selbst aufgesetzt werden, um die Oberfläche zu vermessen. Es braucht nicht notwendigerweise in ein Stativ eingesetzt zu werden, um es in einer für die Vermessung geeigneten Höhe zu halten.

Da der Oberflächentaster nur einen sehr geringen Meßhub hat, müssen Vorkehrungen getroffen werden, um zu verhindern, daß der Oberflächentaster während der Bewegung über die Oberfläche aus dem linearen Meßbereich kommt. Diese Vorkehrungen bestehen darin, an dem Oberflächentaster neben der Tastspitze eine Kufe vorzusehen, die ebenfalls über die zu vermessende Oberfläche gleitet und den Arm, an dem der Oberflächentaster sitzt, verschwenkt, damit die Tastspitze immer innerhalb des linearen Meßbereiches bleibt.

Die Führung des Oberflächentasters mit Hilfe einer Kufe führt zu Verfälschungen des mit Hilfe der Tastspitze gemessenen Rauheitsprofils, und zwar aus zweierlei Gründen: Erstens läuft die Kufe gegenüber der Tastspitze räumlich versetzt, also längs einer anderen Bahn als die Tastspitze und zweitens entsteht auch eine Relativbewegung zwischen Kufe und Tastspitze, wenn beispielsweise die Tastspitze auf einer ideal ebenen Fläche entlanggleitet, während die Kufe über den Scheitelpunkt eines benachbarten Rauheitshockers gleitet. Dadurch wird ein Ausgangssignal von dem Oberflächentaster erzeugt, das seine Ursache nicht in einer Auslenkung der Tastspitze durch die Oberfläche, sondern in der Bewegung des Gehäuses des Oberflächentasters durch die Kufe hat.

Die DIN-Vorschriften bestimmen deswegen auch im Schiedsfalle die Rauheitsmessung gegenüber einer Bezugsebene vorzunehmen.

Bei Messungen mit Hilfe von Kufen kann obendrein die Welligkeit, also die Gestaltsabweichung der Oberfläche, mit größerer Wellenlänge als bei der Rauheit nicht erfaßt werden, weil die Kufe weitgehend der Welligkeit folgen kann.

Darüber hinaus ist es aus der DE-AS-26 03 733 bekannt, den Arm mit dem Oberflächentaster an einem Kreuzschlitten zu befestigen, damit der Oberflächentaster nicht nur in Richtung der Bewegungsrichtung beim Tastschnittverfahren bewegt werden kann, sondern auch seitlich zu versetzen ist, um auf der Oberfläche des Prüflings automatisch gesteuert, mehrere Messungen durchführen zu können. Die Bahnkurve der Tastspitze auf der Oberfläche hat dadurch einen mäanderartigen Verlauf. Allerdings setzt auch diese Einrichtung voraus, daß die Fläche, auf der die Messung durchgeführt wird, hinreichend eben und hinreichend parallel zu den Bewegungsachsen des Oberflächentasters ausgerichtet ist, damit keine Bereichsüberschreitungen zustandekommen. Eine Kompensation von Oberflächenunebenheiten oder Schrägen ist nicht vorgesehen.

Die DE-OS 27 25 072 zeigt ein elektrisches Kompensationsverfahren, das dazu dient, die von einem registrierenden Oberflächenprüfgerät aufgezeichnete Meßkurve elektrisch zu drehen, damit auch bei starken Vergrößerungen des Feinprofils die Kurve nicht den Aufzeichnungsbereich überschreitet. Um dies zu erreichen, wird die Tastspitze des Oberflächenprüfgeräts zweimal über dieselbe Strecke bewegt, wobei der erste Durchlauf dazu verwendet wird, die Schiefelage der zu vermessenden Oberfläche bezüglich der Bahnkurve des Oberflächenprüfgerätes zu vermessen.

Zu diesem Zweck wird die gesamte Bahnkurve in zwei etwa gleich große Stücke aufgeteilt und das von dem Oberflächentaster abgegebene Signal wird während des Durchlaufens des ersten Streckenabschnittes dem ersten Integrator und während des Durchlaufens durch das zweite Stück dem zweiten Integrator zugeführt. Beide Integratoren erzeugen ein Mittelwertsignal, dessen Differenz ein Maß für die Schiefelage ist. Im zweiten Durchlauf erfolgt dann die eigentliche Messung, wobei auf die von dem Oberflächentaster abgegebenen Signale die beim vorhergehenden Durchlauf erzeugten Mittelwerte addiert werden.

Das bekannte Verfahren ist nicht in der Lage, den Oberflächentaster nachzuführen, um Meßbereichsüberschreitungen des Oberflächentasters zu verhindern.

Aus der DE-26 60 993 C2 ist eine Meßvorrichtung zur Messung der Oberflächenbeschaffenheit eines Werkstückes bekannt, bei der ein elektromechanischer Meßwandler von einer fest auf einem Tisch stehenden Vorschubeinrichtung über das zu vermessende Werkstück bewegt wird. Die Vorschubeinrichtung enthält einen Motor zum Vorschub des Meßwandlers sowie einen Elektromagneten zum Anheben eines den Meßwandler tragenden Tastarmes. Das von dem Meßwandler abgegebene Signal wird verstärkt und differenziert und zum Ein- und Ausschalten des Motors sowie zum Abschalten des Elektromagneten herangezogen. Im einzelnen gibt der Meßwandler beim beispielsweise von Hand ausgelösten Aufsetzen der Tastspitze auf das Werkstück ein Signal ab, das differenziert wird und nach einer vorbestimmten Zeit über ein Zeitverzögerungsglied den Motor einschaltet, der einen Vorschub des Tasters bewirkt. Wird andererseits der Motor abgeschaltet, verschwindet das differenzierte Meßsignal, und der Elektromagnet wird abgeschaltet.

Durch die Auswertung des Meßsignals wird das Einschalten des Motors, der den Vorschub bewirkt und das Abschalten des Elektromagneten bewirkt, um die Tastspitze von dem Werkstück abzuheben. Jedoch sind keine Maßnahmen getroffen, um Meßbereichsüberschreitungen des Oberflächentasters zu verhindern.

Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der Erfindung, ein Vorschubgerät zur Messung nach dem Tastschnittverfahren zu schaffen, bei dem der Oberflächentaster ohne die Verwendung von Kufen so nachgesteuert werden kann, daß die Tastspitze sich innerhalb des linearen Meßhubs des Oberflächentasters bewegt.

Außerdem ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Lageregelung oder Einstellung von Oberflächenprüfgeräten mit Taster ohne Kufen zu schaffen, um den Taster bei unbekannten Oberflächen so nachzuführen, daß er im linearen Meßbereich bleibt.

Diese Aufgaben werden durch die Vorrichtung bzw. das Verfahren nach den Ansprüchen 1, 17 und 22 gelöst.

Die Verwendung der weiteren Lagerungseinrichtung zusammen mit der Antriebseinrichtung liefert die mechanischen Voraussetzungen, um ohne den Einsatz einer Kufe den Oberflächentaster an eine bestimmte Kontur anzupassen. Selbst, wenn die Antriebseinrichtung lediglich manuell betätigbar ist, besteht hierdurch die Möglichkeit, bei aufgesetztem Vorschubgerät die Bahn der Tastspitze des Oberflächentasters so festzulegen, daß selbst bei schräg liegender oder geringfügig gekrümmter Oberfläche der lineare Meßbereich des Oberflächentasters nicht verlassen wird. Beispiele für solche Anwendungsfälle sind Meßflächen, die gegenüber der Auflagefläche, auf der das Vorschubgerät ruht, geringfügig geneigt sind. Ohne Nachstellmöglichkeit würde selbst bei der verhältnismäßig kleinen typischen maximalen Meßstreckenlänge von 20 mm bei derartigen Vorschubgeräten leicht der lineare Meßbereich des Oberflächentasters verlassen werden. Die Nachstellmöglichkeit gestattet eine entsprechende Anpassung, insbesondere dann, wenn die Nachstellung kraftbetrieben erfolgt und eine Regelung vorgesehen ist, die jederzeit implementiert werden kann.

Die vorgesehene weitere Achse, bezüglich der der Oberflächentaster mit Hilfe des Vorschubgerätes verstellt werden kann, kann wahlweise eine Schwenkachse oder eine lineare Achse sein. Selbstverständlich ergibt sich die größte Flexibilität, wenn beide Achsen gleichzeitig vorhanden sind, wobei beispielsweise die Schwenkachse manuell eingestellt wird, während die Verstellung längs der linearen Achse selbsttätig erfolgen kann. Durch die manuelle Einstellung bezüglich der Schwenkachse läßt sich die lineare Vorschubbewegung des Oberflächentasters auf eine parallele zu der Regressionsgeraden der Oberflächenkontur einstellen. Die zusätzliche lineare Achse gestattet es sodann, einer stärkeren Krümmung der Kontur der Oberfläche zu folgen, ohne den Oberflächentaster aus dem linearen Meßbereich zu bringen.

Wegen der äußerst beengten Platzverhältnisse in einem Vorschubgerät ist der Hub, über den der Oberflächentaster längs der weiteren linearen Achse verstellt werden kann, ohnehin stark beschränkt. Hinzu kommen die in dieser Richtung liegenden geringen Gehäuseabmessungen, so daß eine Parallelführung mit Hilfe von Führungsschienen für hohe Meßgenauigkeiten nur bedingt einsetzbar ist. Vorteilhaft ist eine Lenkeranordnung, um die gewünschte Parallelführung bei der Verstellung längs der weiteren linearen Achse zu erreichen.

Sehr günstige Platzverhältnisse bei guter Einstellbarkeit werden erzielt, wenn die Lenkeranordnung von zwei scherenartig gekreuzten, zweiarmigen Hebeln gebildet ist, die durch ein Drehgelenk miteinander verbunden sind, wobei das Drehgelenk die beiden zweiarmigen Hebel in gleicher Weise teilt.

Einer der beiden zweiarmigen Hebel kann schwenkbar an dem Schlitten gelagert sein, während der andere Hebel über ein Schiebe- oder Gleitgelenk mit dem Schlitten verbunden ist. Der Oberflächentaster ist mit den freien Enden dieser beiden Hebel verbunden, wobei vorteilhafterweise eine der beiden Verbindungen wiederum ein Schwenklager ist.

Wenn mit dem Vorschubgerät in Bohrungen gemessen werden soll, deren Durchmesser kleiner ist als die Höhe des Gehäuses des Vorschubgerätes ist es erforderlich, den Oberflächentaster an einem Arm anzubringen, der seinerseits an seinem anderen Ende mit der Lenkeranordnung verbunden ist. Der Arm ragt durch eine Öffnung in dem Gehäuse und gestattet damit die Rauheits- und Welligkeitsmessung in Bohrungen mit einer lichten Weite, die gerade eben das Eindringen des Fühlhebels bzw. der Schutzeinrichtung für den Fühlhebel gestattet.

Eine versehentliche Überlastung des Oberflächentasters durch eine zu starke Auslenkung kann vermieden werden, wenn der Arm mit einem der Hebel über eine spielbehaftete Anschlageinrichtung verbunden ist. Die Anschlageinrichtung besteht aus zwei ineinandergreifenden Gliedern, von denen das eine an dem betreffenden Hebel und das andere an dem Arm für den Oberflächentaster befestigt ist. Durch die Schwerkraft werden die Glieder des Anschlags aneinander spielfrei gehalten, während sie bei einer übermäßigen Auslenkung des Oberflächentasters im Rahmen des möglichen Spiels außer Eingriff gelangen und es so dem Oberflächentaster gestatten, auszuweichen.

Auch bei der Lenkeranordnung sind die Schwenkgelenke vorteilhafterweise von Blattfedern gebildet, die eine spielfreie Lagerung ermöglichen.

Auch die Antriebseinrichtung für die weitere lineare Achse kann ein Spindeltrieb sein, der auf einen der Hebel im Bereich von dessen vom Schlitten abliegenden Ende angreift.

Um das Spiel aus der Anordnung der Hebel zu nehmen, ist ein federelastisches Glied vorgesehen, das im Bereich des Drehgelenkes angreift und die Hebelanordnung gegen den Schlitten zieht.

Mit Hilfe einer aus dem Signal des Oberflächentasters abgeleiteten Regelspannung läßt sich sehr gut die Lage des Oberflächentasters nachführen, ohne die Kontur, die abzutasten ist, vorher genau kennen zu müssen. Dabei läßt sich der für die Auswertung nutzbare Bereich vergrößern und der Einfluß von Signalveränderungen durch den Einschwingvorgang des Regelkreises vermindern, wenn der Regelkreis zunächst beim Start der Bewegung des Oberflächentasters unterbrochen und erst, nachdem der Oberflächentaster einen Teil seiner Meßstrecke zurückgelegt hat, geschlossen wird. Auf diese Weise wird quasi der eingeschwungene Zustand simuliert. Im eingeschwungenen Zustand eilt die Lage des Tasters der wahren Kontur des Werkstückes nach, und zwar ist das Maß der Nachteilung im wesentlichen bestimmt durch das Einschwing- und das Laufzeitverhalten des in dem Regelkreis enthaltenen Integrators. Beispielsweise im Falle einer ebenen Werkstückkontur, die gegenüber der Bewegungsachse, längs der der Oberflächentaster bewegt wird, geringfügig geneigt ist, wird nach dem Schließen des Regelkreises für den Oberflächentaster eine Bahnkurve erzeugt, die zu der Originalkontur parallel verläuft, jedoch ein kleines Stück versetzt ist. Dementsprechend liefert der Oberflächentaster, eine ideal glatte Oberfläche des Werkstückes vorausgesetzt, ein konstantes Ausgangssignal. Ist hingegen die Oberfläche rau, ist dem konstanten Ausgangssignal des Oberflächentasters ein exakt der Rauigkeit entsprechendes Wechselsignal

überlagert.

Zum Unterbrechen und Schließen des Regelkreises kann im einfachsten Falle ein gesteuerter Schalter verwendet werden. Dieser Schalter befindet sich zweckmäßigerweise zwischen dem Ausgang des Oberflächentasters und dem Eingang des Integrators.

- 5 In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele des Gegenstandes der Erfindung dargestellt. Es zeigen:
 Fig. 1 ein Vorschubgerät in perspektivischer Darstellung,
 Fig. 2 das Vorschubgerät nach Fig. 1 mit geöffneter Seitenwand in vereinfachter Darstellung,
 Fig. 3 das Vorschubgerät nach Fig. 1 ohne das Gehäuse, teilweise geschnitten,
 Fig. 4 das Vorschubgerät nach Fig. 1 ohne Gehäuse in einer Seitenansicht,
 10 Fig. 5 den Schlitten und die Hebel zur Realisierung zweier aufeinander senkrecht stehender linearer Achsen, in einer Prinzipdarstellung,

Fig. 6 eine Schaltungsanordnung zum Vorpositionieren des Oberflächentasters mit dem neuen Vorschubgerät,

- Fig. 7 einen Regelkreis zur Regelung der Lage des Oberflächentasters des Vorschubgerätes nach Fig. 1 als stark schematisiertes Blockschaltbild,

Fig. 8 den Verlauf einer Kontur eines zu prüfenden Werkstückes sowie die Bahnkurven des Oberflächentasters mit und ohne Anwendung des erfindungsgemäßen Regelverfahrens und

Fig. 9 das Ausgangssignal des Oberflächentasters mit bzw. ohne Anwendung des erfindungsgemäßen Regelverfahrens.

- 20 Fig. 1 zeigt ein Vorschubgerät 1, das dazu dient, im Tastschnittverfahren die Welligkeit oder Rauheit der Oberfläche eines Werkstücks zu ermitteln. Das Vorschubgerät 1 weist ein etwa quaderförmiges Gehäuse 2 mit zwei Stirnseiten 3 und 4, zwei Seitenwänden 5 und 6 (siehe Fig. 3) sowie mit einer Ober- und einer Unterseite 7, 8 auf. Die Abmessungen des quaderförmigen Gehäuses 2 betragen $135 \times 53 \times 33$ mm.

- An der Stirnwand 3 ist ein nach unten offener tunnelförmiger Vorsatz 9 befestigt, dessen Unterseite mit der Unterseite 8 fluchtet. Der Vorsatz 9 geht an seinem freien Ende in einen U-förmigen Schutzkäfig 11 über, der sowohl nach oben als auch nach unten offen ist. In dem tunnelförmigen Vorsatz 9 sowie dem Käfig 11 bewegt sich längs einer ersten linearen Achse ein Oberflächentaster 12, der in den Fig. 3 und 4 ersichtlich ist. Der Oberflächentaster 12 sitzt an einem rohrförmigen Arm 13 und wird mit Hilfe eines in dem Gehäuse 1 längsverschieblich geführten Schlittens 14 entlang der ersten Achse geführt, wenn der Oberflächentaster 12 im Tastschnittverfahren die entsprechende Strecke über das zu prüfende Werkstück bewegt wird. Die Strecke liegt in Längsrichtung des tunnelförmigen Vorsatzes 9 sowie des Schutzkäfigs 11.

- Der Arm 13 ragt durch eine entsprechende Öffnung in der Stirnwand 3 in den tunnelförmigen Vorsatz 9 und trägt an seinem hervorstehenden Ende ein zylindrisches Gehäuse 15 des Oberflächentasters 12. In dem zylindrischen Gehäuse 15 ist um eine Achse schwenkbar ein Fühlhebel 16 gelagert, an dessen von der Schwenkachse abliegenden Ende ein Tastdiamant 17 angebracht ist. Die Schwenkachse, um die der Fühlhebel 16 um einen begrenzten Winkel drehbar ist, liegt rechtwinklig zu der Längserstreckung des Armes 13 und rechtwinklig zu der ersten Achse und somit rechtwinklig zu der Strecke, die im Tastschnittverfahren überstrichen wird. Außerdem liegt die Schwenkachse parallel zu der Unterseite 8.

- Im Inneren des Gehäuses 15 befindet sich ein mechanisch-elektrischer Wandler, der die Schwenkbewegung des Fühlhebels 16 in ein wegproportionales elektrisches Signal umwandelt.

- Der Schlitten 14 besteht aus einer im wesentlichen ebenen Platte und ist an einer in dem Gehäuse 1 befindlichen Führungsschiene 18 geführt. Die Führungsschiene 18 ist ein länglicher, im Querschnitt rechteckiger ferromagnetischer Körper mit einer extrem gerade ausgeführten Unterseite 19 sowie einer etwa rechtwinklig dazu verlaufenden Stirnseite 21. An dieser Stirnseite 21 ist eine dünne Blattfeder 22 befestigt, die mit ihrem anderen Ende an Widerlagern angebracht ist, die sich an der Innenseite der Stirnwand 3 befinden und aus Darstellungsgründen nicht sichtbar sind. Die Blattfeder 22 bildet ein Schwenklager für die Führungsschiene 18 und definiert somit eine zweite Achse, die parallel zu der Achse liegt, um die der Fühlhebel 16 bezüglich des Gehäuses 15 schwenkbar ist.

- Die Führungsschiene 18 erstreckt sich nahezu über den gesamten Innenraum des Gehäuses 1 von der Stirnwand 3 bis zu der rückwärtigen Rückwand 4. An dem der rückwärtigen Stirnwand 4 benachbarten Ende der Führungsschiene 18 befindet sich ein Schraubspindeltrieb 23, mit dessen Hilfe das betreffende Ende der Führungsschiene 18 gehoben und gesenkt werden kann, um die Führungsschiene 18 bezüglich der durch die Blattfeder 22 definierten Schwenkebene zu verschwenken. Der Spindeltrieb 23 weist eine an der Führungsschiene 18 befestigte, in den Zeichnungen nicht erkennbare Spindelmutter auf, in die eine Schraubspindel 24 eingedreht ist. Die Schraubspindel 24 ist in der Oberseite 7 des Gehäuses 1 spielfrei drehbar gelagert und ragt mit ihrem freien Ende in eine mit der Schraubspindel fluchtende Mulde 25. In dieser Mulde 25 befindet sich ein Rändelknopf 26, der drehfest mit der Schraubspindel 24 verbunden ist. Der Rändelknopf 26 steht, wie Fig. 1 zeigt, mit einem Stück seines Umfangs aus der kreisscheibenförmigen Mulde 25 vor und kann auf diese Weise betätigt werden. Im übrigen ist der Knopf 26 mit der Außenfläche der Oberseite 7 bündig.

- Wie Fig. 3 erkennen läßt, greift der Schlitten 14 mit einem seitlich liegenden Bereich 27 unter die Führungsschiene 18. In diesem Bereich 27 befinden sich an der Oberseite des Schlittens 14 im Abstand voneinander zwei Gleitstücke 28, die auf der ebenen Unterseite 19 der Führungsschiene 18 gleiten. Mit den Führungs- oder Gleitsteinen 28 fluchten zwei Permanentmagneten 29, die an der Unterseite des Schlittens 14 befestigt sind. Mit Hilfe dieser Magneten 29 wird der Schlitten 14 an der ferromagnetischen Führungsschiene 18 festgehalten und kann in beliebiger Richtung auf der Unterseite 19, die die Führungsfläche bildet, entlanggleiten.

Die Länge des Schlittens 14, gemessen in Längsrichtung des Gehäuses 2, ist gegenüber der Führungsschiene 18 etwa nur um soviel kürzer wie es der maximalen Meßstrecke entspricht, die im Tastschnittverfahren zu durchlaufen ist.

Die Bewegung des Schlittens 14 geschieht mit Hilfe eines weiteren Spindeltriebs 31, der mittels eines Getriebemotors 32 angetrieben ist. Der Getriebemotor 32 ist in der Nähe des Spindeltriebs 23 an der Führungsschiene 18 angebracht und weist einen verlängerten, nach unten ragenden Lagerflansch 33 auf. Durch diesen Lagerflansch 33 führt eine Ausgangswelle 34, auf der drehfest eine Schnurlaufrolle 30 für einen endlosen Vierkantriemen aufgesetzt ist. Unterhalb der Ausgangswelle 34 befindet sich in dem Lagerflansch 33 eine Lagerbohrung 35, in der eine Schraubspindel 36 des Spindeltriebs 31 drehbar und axial spielfrei gelagert ist. Die Gewindespindel 36 weist auf ihrem durch den Lagerflansch 33 hindurchführenden und unterhalb der Ausgangswelle 34 befindlichen Abschnitt drehfest eine weitere Schnurlaufrolle 37 auf, die mit der Schnurlaufrolle 35 fluchtet und um die herum ein endloser Vierkantriemen 38 führt.

Der Gewindeteil der Gewindespindel 36 steckt mehr oder weniger tief in einer Gewindebuchse 39, die über der Oberseite des Schlittens 14 angeordnet ist. Sie ist endseitig an einem quaderförmigen Gehäuse 41 befestigt, das auf der Oberseite des Schlittens 14 vorgesehen ist. Die weitgehend spielfreie Führung der Gewindespindel 36 in der Gewindebuchse 39 definiert die Bewegungsrichtung des Schlittens 14 auf der Führungsfläche 19. Die Gewindespindel 36 erstreckt sich parallel zu der Führungsfläche 19 und parallel zu der ersten Achse.

Aus Darstellungsgründen und um die wesentlichen Teile veranschaulichen zu können, ist das Gehäuse 41 in den Fig. 3 und 4 verkürzt dargestellt. In Wahrheit erstreckt sich, wie Fig. 2 zeigt, das Gehäuse 41 bis zu dem der Stirnwand 3 benachbarten Ende des Schlittens 14 und bildet dort eine vertikal nach oben laufende Befestigungsfläche 42. An dieser Befestigungsfläche 42 ist eine Blattfeder 43 angebracht, die sich im wesentlichen parallel zu der Blattfeder 22 erstreckt und über die Unterseite des Schlittens 14 nach unten übersteht. Sie dient der Verbindung des Schlittens 14 mit einer Hebel- oder Lenkeranordnung 44, die ihrerseits die Verbindung zwischen dem Schlitten 14 und dem Arm 13 herstellt.

Zur Erläuterung der Hebelanordnung 44 ist im folgenden auch auf die stark schematisierte Strichzeichnung von Fig. 5 Bezug genommen.

Die Hebelanordnung 44 besteht aus zwei gekreuzten, nach Art einer Schere drehbar miteinander verbundenen zweiarmligen Hebeln 45 und 46. Von diesen ist der Hebel 46 mit einem Ende an der Blattfeder 43 angebracht, die ein in Fig. 5 schematisch dargestelltes Schwenkgelenk 47 bildet. Das andere Ende des Hebels 46 haltet ebenfalls eine Blattfeder 48, die den Hebel 46 mit dem innenliegenden Ende des Armes 13 verbindet. Hierzu trägt der Arm 13 an seinem rückwärtigen Ende einen Befestigungsklotz 49, an dem die Blattfeder 48 angebracht ist. Die Blattfeder 48 definiert somit ein weiteres Schwenkgelenk, das in Fig. 5 mit 51 bezeichnet ist. Dieses Schwenkgelenk 51 befindet sich unterhalb desjenigen Endes des Schlittens 14, das der rückwärtigen Stirnwand 4 benachbart ist und somit am weitesten von dem Oberflächentaster 12 abliegt.

Der zweite Hebel 45 der Hebelanordnung 44 ist über ein Drehgelenk 52, das sich etwa in der Mitte des Hebels 46 befindet, mit diesem schwenkbar und spielfrei verbunden.

Die Achsen sämtlicher Schwenk- bzw. Drehgelenke 47, 51, 52 sowie des durch die Blattfeder 22 gebildeten Gelenks sind zueinander parallel und stehen auf der Zeichenebene von Fig. 5 senkrecht.

Der Hebel 45 liegt gekreuzt zu dem Hebel 46 und trägt an seinem der Blattfeder 48 benachbarten Ende ein Gleistück 53, das auf der Unterseite des Schlittens 14 gleitet. Diese Unterseite des Schlittens 14 liegt parallel zu der Führungsfläche 19 der Führungsschiene 18. Das andere Ende des Hebels 45 trägt eine Anschlageinrichtung 54, die von zwei Haken 55 und 56 gebildet ist. Der Haken 55 ist starr auf dem Arm 13 befestigt, während der Haken 56 unbeweglich an dem Hebel 45 angebracht ist. Die so gebildete Anschlageinrichtung 54 weist in einer Richtung Spiel auf, d. h. der Hebel 45 ist in der Lage, den Arm 13 anzuheben, behindert aber andererseits nicht eine Ausweichbewegung des Hebels 13 nach oben, falls aufgrund einer Fehlbedienung der Oberflächentaster 12 nach oben ausweichen muß, um Beschädigungen zu vermeiden.

Zwischen dem Schlitten 14 und der Hebelanordnung 44 sitzt eine in Fig. 5 gezeigte Zugfeder 57, die schematisch dargestellt an dem Drehgelenk 52 angreift und die Hebelanordnung 44 gegen die Unterseite des Schlittens 14 zieht. Dadurch wird das Gleistück 53, das an der Unterseite des Schlittens 14 ein Schiebegelenk bildet, an den Schlitten 14 angepreßt.

Die Verstellung der Hebelanordnung 44 geschieht mit Hilfe eines weiteren Spindeltriebs 58, der mit Hilfe eines Stirnradgetriebes 59 sowie eines aus Darstellungsgründen nicht erkennbaren Elektromotors angetrieben wird. Das Stirnradgetriebe 59 sowie der nicht erkennbare Antriebsmotor befinden sich in dem Gehäuse 41.

Der Spindeltrieb 58 weist eine auf der Oberseite des Schlittens 14 starr befestigte Spindelmutter 61 auf, die eine auf der von dem Schlitten 14 definierten Ebene senkrecht stehende Gewindebohrung enthält. In diese ist eine Gewindespindel 62 eingeschraubt, die mit einem Ende durch den Schlitten 14 hindurchragt und mit der Oberseite des Hebels 45 in Berührung steht. In Fig. 5 ist die Gewindespindel schematisch durch den Pfeil gekennzeichnet, der mit demselben Bezugszeichen wie die Gewindespindel in den Fig. 3 und 4 belegt ist.

Das insoweit beschriebene Vorschubgerät 1 arbeitet wie folgt: Es wird mit seinen an der Unterseite 8 vorhandenen Aufstellfüßen 63 auf einen neben dem Werkstück vorhandenen Tisch oder auch auf das Werkstück selbst aufgestellt, sofern dies eine ausreichend große Standfläche bietet. Sodann wird der Oberflächentaster elektrisch mit einer an sich bekannten Steuer- und Auswerteelektronik verbunden, die auch die Stromversorgung für den Getriebemotor 32 hält. Nach Drücken eines Startknopfes wird der Getriebemotor 32 in Gang gesetzt und es wird über den Riemen 38 der Spindeltrieb 31 betätigt, wodurch der Schlitten 14 an der Führungsfläche 19 entlangbewegt wird. Der Schlitten 14 bewegt sich dabei längs einer geraden Achse, die durch die Führungsfläche 19 sowie die Gewindespindel 36 definiert ist. Die Wegstrecke, die dabei der Abtastdiamant 17 zurücklegt liegt bei Vorschubgeräten, die nach dem Tastschnittverfahren arbeiten, üblicherweise bei 20 mm oder weniger, je nachdem, wie groß die Welligkeit auf der Oberfläche des zu prüfenden Werkstückes ist.

Wenn keine Störungen oder Fehlbedienungen vorliegen, hängt der Arm 13 in der Anschlageinrichtung 54 und wird auf diese Weise an zwei Punkten, nämlich bei der Anschlageinrichtung 54 und dem Schwenkgelenk 51 gehalten. Dies bedeutet, daß die lineare Bewegung des Schlittens 14, die durch die Gewindespindel 36 und die

Führungsfläche 19 erzwungen wird, auf den Arm 13 und damit auch auf den Meßtaster 12 übertragen wird. Würde der Abtastdiamant 17 auf keiner Oberfläche aufliegen, dann würde während des Laufs des Getriebemotors 32 der Abtastdiamant 17 eine exakt gerade Strecke durchlaufen, deren Länge der Einschaltzeit des Getriebemotors 32 entspricht. Da die Geschwindigkeit des Getriebemotors 32 während der gesamten Wegstrecke konstant gehalten wird, bewegt sich der Abtastdiamant 17 auch mit einer konstanten Geschwindigkeit von einer Endlage bis zur anderen Endlage. Die von ihm zurückgelegte gerade Wegstrecke ist parallel zu der Führungsfläche 19 der Führungsschiene 18.

Da der Abtastdiamant 17 jedoch nicht frei in der Luft hängt, sondern tatsächlich auf dem Werkstück aufliegt, wird der Fühlhebel 16 nach oben in Richtung auf die Oberseite 7 ausgelenkt. Solange diese Auslenkung nicht dazu führt, daß der Fühlhebel 16 einen Anschlag erreicht, bleibt der Arm 13 in der vorher, erwähnten Lage, in der die beiden Haken 55 und 56 miteinander in Berührung stehen. Erst bei einer übermäßigen Bewegung des Fühlhebels 16 nach oben, die zu einer Beschädigung des Oberflächentasters 12 führen würde, weicht auch der Arm 13 in dem Schwenkgelenk 51 nach oben aus, da eine solche Bewegung von den ineinandergreifenden Haken 55 und 56 nicht behindert wird. Der Ausweichhub, den die Anschlagvorrichtung 54 zuläßt, ist ausreichend groß, um es dem Abtastdiamanten 17 zu ermöglichen, hinter die Berandung des Schutzkäfiges 11 sich zurückzubewegen, so daß er hinreichend geschützt ist.

Für die nachstehenden Erläuterungen sei jedoch angenommen, daß die Haken 55 und 56 miteinander in Berührung bleiben, damit sich der Oberflächentaster 12 längs einer Bahn bewegt, die zu der Führungsfläche 19 parallel ist.

Wird unter diesen Annahmen, wie erwähnt, der Schlitten 14 durch den Getriebemotor 32 in Bewegung gesetzt, dann wird der Abtastdiamant 17 über die Oberfläche des zu prüfenden Werkstückes bewegt und erfährt eine Vertikalbewegung entsprechend der Welligkeit oder der Rauheit der Oberfläche, auf der er entlanggleitet. Diese Vertikalbewegungen führen zu einer Verschwenkung des Fühlhebels 16 und damit zu einer Erzeugung eines elektrischen Signals, dessen Kurvenform der Profilgestalt der Werkstückoberfläche einschließlich der Rauheit entspricht.

Weil der Oberflächentaster 12 dazu ausgelegt ist, im Submikrometerbereich zu messen, ist der zulässige Bewegungshub des Fühlhebels 16, an dessen äußerem Ende der Abtastdiamant 17 sitzt, verhältnismäßig klein, wenn das Ausgangssignal des Oberflächentasters zu der Oberflächenkontur streng linear proportional sein soll. Größere Auslenkungen sind zwar möglich, führen aber dazu, daß das elektrische Signal nicht mehr ein wahres Abbild der Oberflächenstruktur ist. Mit zunehmender Auslenkung jenseits des linearen Bereiches entsteht eine zusätzliche Verfälschung infolge der dann nicht mehr linearen Wandlerkennlinie des Oberflächentasters 12. Eine solche Bereichsüberschreitung kann beispielsweise auftreten, wenn die Oberfläche, längs derer der Abtastdiamant 17 von dem Schlitten 14 bewegt wird, eine Neigung aufweist, gegenüber der Führungsfläche 19, und zwar gemessen in Bewegungsrichtung des Schlittens 14. Sollte infolge einer geneigten Meßfläche eine Bereichsüberschreitung zustandekommen, hat der Benutzer die Möglichkeit, durch Betätigen des Rändelknopfes 26 die Winkellage der Führungsfläche 19 um wenige Grad zu verändern, damit die Gerade, längs derer der Oberflächentaster 12 bewegt wird, wiederum parallel zu der zu vermessenden Oberfläche verläuft.

Im Gegensatz zu den bekannten Vorschubgeräten, bei denen die Auslenkung des Arms 13 mit Hilfe einer Kufe erreicht wird, die sich in der Nähe des Abtastdiamanten 17 befindet, hängt bei dem neuen Vorschubgerät 1 der Arm 13 immer in der Anschlagvorrichtung 54, wodurch eine Bezugsebene Messung zustandekommt, denn die Bahn, durch die der Oberflächentaster 12 bewegt wird, ergibt sich aufgrund der Lage der Führungsfläche 19 und, wie dies im folgenden erläutert wird, aufgrund der Stellung der beiden Hebel 45 und 46.

Bei den vorher gegebenen Erläuterungen ist davon ausgegangen worden, daß die Oberfläche, die mit dem Abtastdiamanten 17 vermessen wird, ausreichend eben ist und der Oberflächentaster 12 folglich seinen linearen Meßbereich nicht verläßt. Ein eventueller Winkelfehler zwischen der Oberfläche und der Führungsfläche 19 kann vom Benutzer mit Hilfe einer Verstellung des Spindeltriebs 23 ausgeglichen werden. Dadurch wird die Führungsschiene 18 bezüglich der durch die Blattfeder 22 definierten Achse um den entsprechenden geringen Winkel verschwenkt.

Sollte jedoch die zu vermessende Oberfläche längs der Meßstrecke eine Krümmung aufweisen, die den Oberflächentaster 12 aus seinem linearen Meßbereich bringt, ist zusätzlich eine Höhenverstellung für den Arm 13 vorgesehen. Durch Verstellen des Spindeltriebs 58 wird der Hebel 45 bezüglich seines Gleitstückes 53 verschwenkt. Dadurch ändert sich je nach Betätigungsrichtung der Spindel 62 der Abstand des Drehgelenkes 52 von der Unterseite des Schlittens 14, was dazu führt, daß auch der Hebel 46 um die Achse des Gelenkes 47 gedreht wird. Hierdurch wird entsprechend das Gelenk 51 angehoben oder abgesenkt.

Bei dem neuen Vorschubgerät 1 sind die Abstände der einzelnen Gelenke 47, 51, 53 sowie der Anschlagvorrichtung 54 von dem Drehgelenk 52 so gewählt, daß bei einer Verschwenkung des Hebels 45 sowohl das Gelenk 51 als auch die Anschlagvorrichtung 54 sich um den gleichen Betrag heben und senken, d. h. die Verschwenkung des Hebels 45 hat einen Parallelversatz des Arms 13 bezüglich der durch die Führungsfläche 19 definierten Achse zur Folge. Die Bewegung kann dabei als nahezu linear angesehen werden, mit einer Richtung, die im wesentlichen rechtwinklig zu der Führungsfläche 19 ist.

Die Betätigung des Spindeltriebs 58 geschieht durch einen Elektromotor, der von der zentralen Steuer- und Auswertelektronik betätigt wird und die Hebelanordnung 54 so nachsteuert, daß bei einer stark gekrümmten Oberflächenkontur des Prüflings der Oberflächentaster 12 in seinem linearen Meßbereich bleibt.

Da die Gestaltsabweichung des Prüflings eine Wellenlänge aufweist, die um mehrere Zehnerpotenzen größer ist als die Wellenlänge der Rauheit oder der Oberflächenwelligkeit, kann das durch das Nachführen des Abtastdiamanten längs der vertikalen Achse eingeführte elektrische Signal ohne weiteres ausgefiltert werden.

Läuft bspw. der Abtastdiamant 17 während der Meßstrecke über eine konvexe Nockenfläche, wobei der Scheitelpunkt der Nockenfläche etwa in der Mitte des Hubs liegt, wird von der zentralen Steuereinrichtung nach

dem Starten des Getriebemotors 32 für die Tastschnittbewegung auch der Spindeltrieb 58 in Gang gesetzt, und zwar so, daß der Oberflächentaster 12 nicht seinen linearen Meßbereich verläßt. Wegen des angenommenen Profils des Werkstückes wird zunächst einmal die Spindel 62 in Richtung auf den Schlitten 12 zurückgedreht, wodurch die Hebelanordnung 54 dichter an die Unterseite des Schlitzes 14 herankommen kann und der Oberflächentaster 12 längs einer linearen Achse nach oben geführt wird. Sobald der Scheitelpunkt des Profils des Prüflings erreicht ist, kehrt die Steuereinrichtung die Bewegungsrichtung des Spindeltriebs 58 um. Die Spindel 62 wird wieder nach unten zunehmend herausgeschraubt, und der Arm 13 wird zusammen mit dem Oberflächentaster 12 längs der erwähnten linearen Achse erneut nach unten bewegt (jeweils bezogen auf die Darstellung in den Zeichnungen). Während des gesamten Vorgangs sind die Haken 57 und 56 der Anschlagrichtung 54 formschlüssig in Eingriff geblieben. Im Idealfall hat damit jeder Punkt des Oberflächentasters 12 eine Bahnkurve zurückgelegt, die parallel versetzt dem Profilschnitt des Prüflings an der Meßstrecke entspricht. Damit ist das von dem Oberflächentaster 12 abgegebene elektrische Signal nicht, wie bei dem bekannten Vorschubgeräten, durch Signale verfälscht, die durch eine Relativbewegung zwischen einer Gleitkufe und dem Abtastdiamanten zustandekommen. Ein solches Signal läge in seiner Frequenz im Bereich der Rauheit der Werkstückoberfläche und wäre deswegen nicht mehr herauszufiltern. Mit dem neuen Vorschubgerät 1 wird dagegen eine Bewegung erzeugt, die von der Welligkeit des Werkstücks unabhängig ist, da durch andere Betätigungseinrichtungen der Oberflächentaster 12 dazu gebracht wird, dem Profil des Prüflings zu folgen.

Ersichtlicher Weise können geringe Schräglagen einer ebenen Werkstückfläche ohne Betätigen des Spindeltriebs 23 und nur durch automatisches Betätigen des Spindeltriebs 58 ausgeglichen werden. Größere Schräglagen, insbesondere kombiniert mit gekrümmten Werkstückflächen, erfordern dagegen eine Nachstellung der Winkellage der Führungsschiene 18, so daß der vertikale Hub, der durch die Hebelanordnung 44 möglich ist, voll dazu ausgenutzt werden kann, der Profilgestalt zu folgen.

Wegen der äußerst beengten räumlichen Verhältnisse in einem Vorschubgerät ist die Neigungsverstellung der Führungsschiene 18 auf ca. $\pm 1,5$ mm pro 100 mm beschränkt und auch die Höhenverstellung mit Hilfe der Hebelanordnung 44 erzmöglich eine Vertikalbewegung in der gleichen Größenordnung.

Selbstverständlich können bei dem beschriebenen Vorschubgerät 1 auch Oberflächentaster verwendet werden, bei denen sich neben dem Fühlhebel 16 noch eine Kufe befindet, die dann allerdings lediglich Schutzfunktion hat, da in jedem Falle von dem Spindeltrieb 58 die Höhenverstellung mit Hilfe der Hebelanordnung 44 so nachgestellt wird, daß die Kufe während des Meßvorgangs nicht mit dem Werkstück in Berührung kommt.

In Fig. 6 ist eine Schaltungsanordnung veranschaulicht, die dazu dient, mit Hilfe des Vorschubgerätes 1 den Oberflächentaster 12 vor Beginn der Messung in eine vorzuwählende Höhenposition über der Oberfläche des zu prüfenden Werkstückes zu bringen, damit möglichst kein Verlassen des linearen Meßbereiches auftritt.

Der Oberflächentaster 12 gibt an seinem Ausgang 65 ein elektrisches Signal ab, das der Stellung des Fühlhebels 16 relativ zu dem Gehäuse 15 entspricht. Dieses elektrische Signal gelangt in einen Eingang 66 einer Vergleichsschaltung 67, die einen weiteren Eingang 68 sowie einen Ausgang 69 aufweist. In den Eingang 68 wird ein Sollwertsignal eingespeist, das von einem Sollwertgeber 70 geliefert wird. Der Sollwertgeber 70 ist manuell zu beeinflussen und sein Ausgangssignal kann zwischen zwei Grenzwerten beliebig eingestellt werden. Die beiden Grenzwerte des Sollwertgebers 70, entsprechen denjenigen Grenzwertsignalen, die der Oberflächentaster 12 abgeben kann, wenn er an dem einen oder dem anderen Ende seines linearen Meßbereiches steht.

Das von der Vergleichsschaltung 67 kommende Ausgangssignal wird dem Antriebsmotor des Spindeltriebs 58 zugeführt, durch den die Höhenlage des Oberflächentasters 12 über der Oberfläche des Werkstücks, wie beschrieben, eingestellt werden kann.

Um während der Messung im Tastschnittverfahren das Ausgangssignal nicht durch die Positionseinstellung zu verfälschen, ist zwischen dem Ausgang 69 und dem Spindeltrieb 58 ein gesteuerter Schalter 71 angeordnet.

Das in Fig. 6 dargestellte Blockschaltbild ist sehr stark vereinfacht, um das Wesentliche des Regelkreises erkennen zu können. Die erforderlichen Schaltungsblöcke, um das Ausgangssignal des Oberflächentasters 12 auszuwerten und in das entsprechende Gleichspannungssignal zum Betätigen des Schraubtriebs 58 umzuwandeln, sind dem Fachmann geläufig und deswegen in dem Schaltbild nicht gezeigt.

Die Arbeitsweise der Schaltung nach Fig. 6 ist wie folgt:

Das Vorschubgerät 1 wird mit dem Oberflächentaster 12 auf ein zu prüfendes Werkstück aufgesetzt. Dabei gibt der Oberflächentaster 12 entsprechend der dadurch zustande gekommenen Auslenkung des Abtastdiamanten 17 ein Ausgangssignal ab, das mit dem Sollwert, der von dem Sollwertgeber 70 geliefert wird, in der Vergleichsschaltung 67 verglichen wird. Ist beispielsweise der Sollwertgeber 70 auf den Mittelwert zwischen den beiden Grenzwerten eingestellt, so gibt er ein elektrisches Signal ab, das der Oberflächentaster 12 ebenfalls abgeben würde, befände er sich nach dem Aufsetzen auf das Werkstück in der Mittellage. Falls dies jedoch nicht der Fall ist, weil bei einer vorherigen Messung der Schraubtrieb 58 verstellt wurde, so weichen die beiden Signale an den Eingängen 68 und 66 der Vergleichsschaltung 67 voneinander ab. Die Vergleichsschaltung 67 erzeugt aus der Differenz der beiden Signale ein vorzeichenrichtiges proportionales Gleichspannungsausgangssignal, das bei geschlossenem Schalter 71 zu dem Motor des Schraubtriebs 58 gelangt. Der Motor wird dadurch in Umdrehungen versetzt und bewegt den Schraubtrieb 58 so, daß der Oberflächentaster 12 durch Verstellen der Hebelanordnung 44 in die Mittellage gelangt, d. h. eine Lage, in der sein Ausgangssignal mit dem Ausgangssignal des Sollwertgebers 70 übereinstimmt.

Der gesteuerte Schalter 71 ist normalerweise geschlossen und wird erst geöffnet, wenn von der nicht veranschaulichten zentralen Steuerung der Getriebemotor 32 in Gang gesetzt wird, um die Bewegung des Oberflächentasters 12 in Tastschnittichtung zu bewerkstelligen. Dadurch wird sichergestellt, daß bis kurz vor der Messung die Lage des Oberflächentasters 12 automatisch nachgestellt wird und Temperaturverzüge keinen Einfluß haben.

Mit der dargestellten Schaltungsanordnung kann mit dem neuen Vorschubgerät 1 nicht nur die Rauheit,

sondern auch die Welligkeit erfaßt werden, ebenso wie Änderungen der Profilgestalt des Werkstücks längs der Tastschnittstrecke, da der Oberflächentaster 12 nach dem Öffnen des Schalters 71 während des Tastschnitts längs einer exakten Geraden geführt wird, da die Höhenverstellung in Ruhe bleibt.

Ebenso wie durch den Sollwertgeber 70 die Mittellage des Oberflächentasters 12 eingestellt werden kann, kann jede beliebige andere Lage bis hin zu den Grenzlagen ebenfalls vorgegeben werden. Beispielsweise ist es zweckmäßig, den Oberflächentaster 12 in seine obere Grenzlage zu bringen, in der er den größten Abstand von der Werkstückoberfläche hat, wenn zu erwarten ist, daß die Profilgestalt des Werkstücks konvex verläuft, während umgekehrt die niedrigste Lage eingestellt wird, wenn zu erwarten ist, daß die Profilgestalt konkave Form aufweist. Auf diese Weise kann der lineare Meßbereich optimal ausgenutzt werden, selbst dann, wenn die Oberfläche des Prüflings keine ebene Fläche ist.

Anhand der Fig. 7 bis 9 ist ein Lageregelverfahren beschrieben, das Signalverzerrungen am Ausgang des Oberflächentasters 12 auf ein sehr kurzes Stück der Meßstrecke beschränkt.

Fig. 7 zeigt in sehr stark schematisierter Blockdarstellung den Regelkreis 75, der den Oberflächentaster 12 enthält. Sein Fühlhebel 16 mit dem daran sitzenden Abtastdiamanten 17 tastet die Oberfläche des Werkstücks ab und erzeugt ein Differenzsignal aus dem Profil des Werkstücks und der Bewegung des Oberflächentasters 12. Der Oberflächentaster 12 wandelt diese Bewegungsdifferenz in ein elektrisches Signal um, das er an seinem Ausgang 65 abgibt. Das an dem Ausgang 65 anstehende elektrische Signal wird einerseits einer Auswerterschaltung übermittelt, die das Oberflächenprofil bspw. grafisch darstellt, und es gelangt außerdem in einen gesteuerten Schalter 77, der wahlweise das elektrische Signal von dem Ausgang 65 in einen Eingang 78 eines Integralreglers 79 überträgt oder die Verbindung dorthin unterbricht. Der Integralregler 79 weist einen Ausgang 81 auf, der im dargestellten Falle ein elektrisches Signal abgibt, das in einen entsprechenden Eingang 82 eines nicht integrierenden elektrisch-mechanischen Wandlers 83 einspeist, welcher als Ausgangssignal die Lage des Oberflächentasters 12 erzeugt. Dies kann bspw. ein mit einer Feder vorgespanntes Tauchspulensystem sein, das in dem Vorschubgerät 1 anstelle des Spindeltriebs 58 verwendet wird.

Lediglich aus Gründen der Klarheit ist gedanklich der Regelkreis in den elektromechanischen Wandler 83 und den Regler 79 mit I-Charakteristik zerlegt gedacht. Bei der Verwendung eines mit Hilfe eines Elektromotors angetriebenen Spindeltriebs besorgt der Elektromotor zusammen mit dem Spindeltrieb bereits die integrale Charakteristik des Regelkreises, und es genügt, wenn das sehr kleine Ausgangssignal des Oberflächentasters 12 genügend verstärkt wird, um den Motor in der jeweils richtigen Richtung anzutreiben.

Bei dem neuen Verfahren wird zunächst der Getriebemotor 32, der den Vorschub des Oberflächentasters 12 in Tastschnittrichtung bewirkt, in Gang gesetzt. Dabei wird am Startzeitpunkt der Schalter 77 geöffnet. Erst wenn der Abtastdiamant 17 ein noch festzulegendes Stück seines Weges zurückgelegt hat, wird der Schalter 77 geschlossen und somit das Abtastsignal auch dazu verwendet, um den elektro-mechanischen Wandler nachzustellen, der die Vertikalbewegung des Oberflächentasters 12 bewirkt. Dadurch wird eine exponentielle Annäherung des Ausgangssignals des Oberflächentasters 12 an den eingeschwungenen Grenzwert vermieden, wie dies anhand der Fig. 8 und 9 gezeigt wird. Dabei wird zum besseren Verständnis die vereinfachende Annahme getroffen, die Oberfläche des Werkstückes ist exakt gerade, jedoch gegenüber der Führungsfläche 19 unter einem festgelegten Winkel geneigt, wie dies durch eine schräge Gerade 84 in Fig. 8 veranschaulicht ist. Diese Gerade 84 ist gleichzeitig das Eingangssignal für den Oberflächentaster 12, falls dieser in der vertikalen Richtung nicht nachgestellt wird.

Im Idealfall müßte nun der Regler 79 zusammen mit dem elektro-mechanischen Wandler den Oberflächentaster 12 längs der vertikalen Achse gleichzeitig so nachstellen, daß jeder Punkt des Oberflächentasters 12 der Kurve 84 folgt, während der Oberflächentaster allmählich seine Meßstrecke durchläuft. Infolge der Verzögerungswirkung durch den Regler 79 wird aber die Bahnkurve, längs derer sich der Oberflächentaster 12 bewegt, nacheilen, d. h. es kommt in Fig. 8 eine weitere Bahnkurve zustande, die im eingeschwungenen Zustand zu der Bahnkurve 84 parallel verläuft, jedoch nach rechts versetzt ist. Diese eingeschwungene Bahnkurve des Oberflächentasters 12 ist in Fig. 8 mit 85 bezeichnet. Der seitliche Versatz entspricht dem Schleppfehler der durch den Integrator zustandekommt. Dies läßt sich ohne weiteres verstehen, wenn, wie bei dem gezeigten Vorschubgerät 1, zur vertikalen Verstellung ein Spindeltrieb 58 zusammen mit einem Antriebsmotor verwendet wird, dem ein Verstärker vorgeschaltet ist, der das Ausgangssignal des Oberflächentasters 12 hinreichend verstärkt, um damit die Antriebsspannung für den Motor zu erzeugen. Eine bestimmte Neigung der Kontur des Werkstücks bzw. der Geraden 84 entspricht einer bestimmten Verstellgeschwindigkeit der Hebelanordnung 44 und damit einer bestimmten Drehzahl des Motors. Diese Motordrehzahl ist abhängig von der anliegenden Spannung, die dem Ausgangssignal des Oberflächentasters 12 proportional ist. Im eingeschwungenen Zustand des Systems bzw. des Regelkreises 75 wird die Nachstellung des Oberflächentasters 12 soweit der wahren Kontur entsprechend der Kurve 84 nacheilen, daß die von dem Oberflächentaster 12 abgegebene und verstärkte Spannung den Motor schnell genug rotieren läßt, damit die Bahnkurve des Oberflächentasters 12 mit derselben Steigung ansteigt wie das Werkstückprofil.

Würde nun der Schalter 77 ständig geschlossen sein, dann würde am Beginn der Meßstrecke von dem Oberflächentaster 12 zunächst kein Signal abgegeben werden und es erfolgt keine Verstellung in vertikaler Richtung. Erst mit zunehmend ansteigendem Profil wird auch der Motor sich zu drehen beginnen, d. h. am Ausgang des elektro-mechanischen Wandlers 73 entsteht ein Signal. Da sich der Motor aber noch zu langsam dreht, um den Oberflächentaster 12 mit der genügenden Geschwindigkeit in vertikaler Richtung zu verfahren, muß das Signal an dem Ausgang 65 des Oberflächentasters 12 noch weiter ansteigen, bis es einen Wert erreicht, wie er dem oben erläuterten eingeschwungenen Zustand entspricht. Die Bahnkurve des Oberflächentasters 12 wird folglich zu Beginn der Meßstrecke nicht die Gerade 85 sein, der er im eingeschwungenen Zustand folgt, sondern eine nach einer e-Funktion verlaufende Kurve, wie sie in Fig. 7 durch eine gestrichelte Kurve 86 angegeben ist. Diese gestrichelte Kurve 86 beginnt bei der Kurve 84 und geht asymptotisch in die Kurve 85 über,

die den eingeschwungenen Zustand repräsentiert.

Dabei entspricht der Koordinatenursprung dem Start des Meßvorganges, also dem Beginn der Bewegung des Abtastdiamanten 17 durch seine Meßstrecke.

Fig. 9 zeigt das an dem Ausgang 65 erhaltene elektrische Signal, wenn die Nachstellung des Oberflächentasters 12 bereits beginnt, wenn der Abtastdiamant 17 sich in Tastschnitttrichtung zu bewegen begonnen hat. Da das Ausgangssignal des Oberflächentasters 12 sich aus der Differenz des Profils des Werkstücks und der Bewegung des Oberflächentasters 12 ergibt, steigt die Spannung an dem Ausgang 65 entsprechend einer gestrichelten Kurve 87 allmählich exponentiell an, bis sie den eingeschwungenen Zustand erreicht hat, der oben erläutert ist.

Gemäß dem neuen Verfahren wird nun der Schalter 77 erst geschlossen, nachdem der Abtastdiamant 17 ein Stück seiner Wegstrecke in Tastschnitttrichtung zurückgelegt hat. Bezogen auf Fig. 8 bedeutet dies am Beginn der Meßbewegung, die dem Koordinatenursprung entspricht und mit X_0 bezeichnet ist, ist der Schalter 77 geöffnet. Damit steigt die Spannung an dem Ausgang 65 des Oberflächentasters 12 linear längs einer Kurve 88 an. Die Gerade 88 geht durch den Punkt X_0 und ihre Steigung ist proportional der Steigung des Oberflächenprofils, bezogen auf die Führungsfläche 19. Sobald die Ausgangsspannung des Oberflächentasters 12 einen Wert erreicht hat, der bei der gegebenen Steigung jener Spannung entspricht, die erforderlich ist, damit der Motor des Spindeltriebs 58 mit einer dem eingeschwungenen Zustand entsprechenden Drehzahl läuft, wird der Schalter 77 geschlossen. Dieser Zeitpunkt ist erreicht, wenn der Abtastdiamant 17 die Stelle X_1 erreicht hat. Nun liefert der Oberflächentaster 12 an seinem Ausgang 65 eine Spannung, die zu einer Verstellung des Spindeltriebs 58 führt, so daß die Bahnkurve des Oberflächentasters 12 parallel zu dem schrägliegenden Werkstückprofil erfolgt. Im Falle einer exakt glatten Werkoberfläche ist damit die Ausgangsspannung des Oberflächentasters 12 eine konstante Spannung gemäß einer Geraden 89, d. h. die Spannung des Oberflächentasters 12 ist ab der Stelle X_1 unveränderlich.

Falls die Oberfläche rauh ist oder eine Welligkeit aufweist, spiegelt sich diese Rauheit und Welligkeit in einer entsprechenden Verformung der Geraden 89.

Wie nun Fig. 9 unschwer erkennen läßt, vermeidet das neue Regelverfahren einen langen asymptotischen Ausgleichsvorgang, der sich weit über den Punkt X_1 hinaus in die Meßstrecke verschiebt und die nutzbare Meßstrecke deutlich beschränkt. Hinzu kommt, daß der gekrümmte Verlauf der Ausgangsspannung gemäß der Kurve 87 einen zusätzlichen, in Wahrheit nicht vorhandenen Gestaltsfehler simuliert, wobei die Frequenz dieses Ausgleichsvorgangs Frequenzanteile aufweist, die im Bereich der Wellenlänge von Welligkeiten der Oberfläche liegen. Es wird dadurch nicht nur ein Gestaltsfehler, sondern auch eine zusätzliche Welligkeit der Oberfläche simuliert oder bei entgegengesetzter Phasenlage wird eine vorhandene Welligkeit der Oberfläche unterdrückt. Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens dagegen wird aus der Meßstrecke nur das Stück zwischen X_0 und X_1 ausgeblendet und danach liefert der Oberflächentaster 12 ein Signal wie im eingeschwungenen Zustand.

Wie sich zeigen läßt, ist die Strecke $X_0 - X_1$ abhängig von der Integrationszeitkonstanten, die ihrerseits wieder davon abhängig ist, welche Wellenlänge des Werkstückprofils unterdrückt und ab welcher Wellenlänge eine Auswertung erfolgen soll. Der Punkt X_1 , zu dem ein Schließen des Schalters 77 erfolgt, ist dagegen von der Schiefelage des Werkstückes unabhängig. Dagegen geht wiederum ein die Vorschubgeschwindigkeit, die aber mit der auszuwertenden Wellenlänge verknüpft ist. Praktische Zahlenwerte ergeben sich aus der nachfolgenden Tabelle:

Meßstrecke (mm)	Vorschubgeschwindigkeit (mm/s ⁻¹)	Einschaltzeitpunkt (s)
5,6	0,5	1,12
5,6	0,2	2,8
17,5	0,5	3,5

Werden diese Werte in die Gleichung

$$s = v \cdot t$$

eingesetzt, wobei s die Strecke in mm, v die Vorschubgeschwindigkeit und t der Einschaltzeitpunkt ist, erhält man für die ersten beiden Meßstrecken einen Wert von 0,56 mm und für die Meßstrecke von 17,5 mm einen Wert von 1,75 mm. Dies bedeutet, daß der Punkt X_1 0,56 mm bzw. 1,75 mm von dem Punkt X_0 , also dem Startpunkt für den Abtastdiamanten 17 entfernt liegt. Die Zahlen lassen auch erkennen, daß der Schalter 77 ohne weiteres von dem Schlitten 14 gesteuert werden kann, womit eine aufwendige Wegmessung zur Ermittlung des Einschaltpunktes mit Hilfe einer Elektronik entbehrlich ist.

Dieses neue, anhand eines vereinfachten Regelkreises erläuterte Regelverfahren arbeitet nicht nur bei Schräglagen von Werkstücken, sondern in der gleichen Weise auch bei von der geraden Form abweichenden Werkstückprofilen, wobei dieselben Einschaltpunkte gewählt werden, wie dies oben anhand des schrägliegenden Werkstückes erläutert ist. Es spielt dabei keine Rolle, ob das Werkstück mehr oder weniger schräg liegt oder

ob das Werkstück gekrümmt ist. In jedem Falle wird der Schalter bei einer Meßstreckenlänge von 5,6 mm und $0,5 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ Vorschubgeschwindigkeit der Schalter nach 0,56 mm geschlossen und es werden die anhand der Fig. 8 und 9 erläuterten Vorteile erzielt.

5 Ferner ist es ohne weiteres möglich, anstelle des Spannungsverstärkers in Kombination mit dem Spindeltrieb und Motor als Integrator und mechanischem Wandler einen elektrischen Integrator zu verwenden zusammen mit einem elektro-mechanischen Wandler, der keine integrierende Charakteristik hat, wie beispielsweise ein in eine Mittellage federvorgespanntes Tauchpulsystem, das im übrigen auch bei dem neuen Vorschubgerät 1 zur Verstellung der Hebelanordnung 44 Verwendung finden kann.

10 Aus Fig. 8 läßt sich auch grafisch die Strecke $X_0 - X_1$ ermitteln. An der Stelle X_1 hat der Oberflächentaster 12 nämlich die Höhenlage, die er, keine Verzögerung des Regelkreises vorausgesetzt, an sich am Punkt X_0 hätte haben müssen.

Wird die Regelung eingeschaltet, wenn der Rändelknopf 26 zur Winkelverstellung verwendet wird, kommt eine scheinbare Drehung um die Spitze des Abtastdiamanten 17 zustande.

15 Mit Hilfe des neuen Vorschubgerätes in Kombination mit dem neuen Regelverfahren ist es möglich, über einen verhältnismäßig langen Weg der Meßstrecke fehlerfrei die Rauheit zu messen. Nach Abschalten der Regelung kann die Welligkeit und sogar in gewissem Umfang die Gestaltsabweichung des Prüflings innerhalb der Meßstrecke festgestellt werden, weil kein Informationsverlust bzw. keine Veränderung infolge einer auf der Werkstückoberfläche gleitenden Kufe auftritt.

20 Patentansprüche

1. Vorschubgerät (1) insbesondere zur Messung von Welligkeit und Rauheit nach dem Tastschnittverfahren mit einem Gehäuse (2); einer in dem Gehäuse (2) angeordneten, eine lineare erste Achse definierenden Führungseinrichtung (8) für einen daran geführten Schlitten (14); einem an dem Schlitten (14) gehaltenen Oberflächentaster (12), der gegenüber dem Schlitten (14) bezüglich einer zweiten Achse (51) schwenkbar ist, die rechtwinklig zu der ersten Achse ist und der einen mechanisch/elektrischen Wandler aufweist, der eine Bewegung einer zu dem Oberflächentaster (12) gehörenden beweglichen Tastspitze (17), die auf der Oberfläche des zu vermessenden Werkstücks aufliegt und der Oberflächenstruktur folgt, in ein wegproportionales elektrisches Signal wandelt; sowie mit einer Antriebseinrichtung (31, 32) für den Schlitten (14), um den Schlitten (14) mit einer konstanten Geschwindigkeit eine festgelegte Wegstrecke längs der Führungseinrichtung (8) zu bewegen; und mit einer in dem Gehäuse (2) angeordneten Lagerungseinrichtung (44), mit deren Hilfe der Oberflächentaster (12) bezüglich einer linearen dritten Achse relativ zu dem Gehäuse (2) bewegbar ist, wobei die dritte Achse sich im wesentlichen parallel zu der Richtung erstreckt in der die Abtastspitze (17) von der Oberfläche des zu prüfenden Werkstücks ausgelenkt wird, und der dritten Achse eine Antriebseinrichtung (23, 58) zugeordnet ist.
2. Vorschubgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lagerungseinrichtung eine Lenkeranordnung (44) aufweist.
3. Vorschubgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lenkeranordnung (44) von zwei scherenartig gekreuzten, zweiarmigen Hebeln (45, 46) gebildet ist, die durch ein Drehgelenk (52) miteinander verbunden sind, und daß das Drehgelenk (52) die beiden zweiarmigen Hebel (45, 46) in gleicher Weise teilt.
4. Vorschubgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß einer der beiden zweiarmigen Hebel (46) schwenkbar an dem Schlitten (14) gelagert ist und der andere zweiarmige Hebel (45) über ein Schwenk/Gleitgelenk (53) an dem Schlitten (14) abgestützt ist, daß an dem einen zweiarmigen Hebel (46) der Oberflächentaster (2) an dessen anderem Ende schwenkbar direkt oder indirekt gelagert ist, und daß durch ein elastisches Glied (57) das die beiden Hebel (45, 46) miteinander verbindende Drehgelenk (52) in Richtung auf den Schlitten (14) zu vorgespannt ist.
5. Vorschubgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Oberflächentaster (12) an einem Arm (13) sitzt.
6. Vorschubgerät nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Arm (13) durch eine Öffnung in dem Gehäuse (12) ragt und daß der Oberflächentaster (12) an dem aus dem Gehäuse (2) ragenden Ende befestigt ist.
7. Vorschubgerät nach den Ansprüchen 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Arm (13) an dem an dem Schlitten (14) schwenkbar gelagerten Hebel (46) schwenkbar gelagert ist, und daß eine von zwei Elementen (55, 56) gebildete, spielbehaftete Anschlagseinrichtung (54) vorgesehen ist, von der ein Element (55) an dem Arm (13) und das andere Element (56) an dem freien Ende desjenigen zweiarmigen Hebels (45) angebracht ist, der über das Schwenk/Gleitgelenk (53) an dem Schlitten (14) abgestützt ist.
8. Vorschubgerät nach den Ansprüchen 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Schwenkgelenk für die zweite Achse (51) und/oder das Schwenkgelenk, mit dem der eine Hebel (46) mit dem Schlitten (14) verbunden ist von Blattfedern (43, 48) gebildet ist/sind.
9. Vorschubgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Antriebseinrichtung für die dritte Achse von einem motorisch betriebenen Spindeltrieb (58) gebildet ist.
10. Vorschubgerät nach den Ansprüchen 4 und 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Spindeltrieb (58) auf das abliegende Ende desjenigen zweiarmigen Hebels (45) einwirkt der über das Schwenk/Gleitgelenk (53) an dem Schlitten (14) abgestützt ist.
11. Vorschubgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine vierte Achse vorgesehen ist, die eine Schwenkachse ist und deren zugehörige Lagereinrichtung ein Schwenklager (22) ist, das zwischen der Führungseinrichtung (18) und dem Gehäuse (2) angeordnet ist, derart, daß die Führungseinrichtung (18) in

dem Gehäuse (2) um einen begrenzten Winkel schwenkbar ist.

12. Vorschubgerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Schwenklager (22) an einem Ende der Führungseinrichtung (18) angeordnet ist.

13. Vorschubgerät nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Schwenklager (22) an demjenigen Ende der Führungseinrichtung (18) angeordnet ist, das dem Oberflächentaster (12) näher benachbart ist.

14. Vorschubgerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Schwenklager von einer Blattfeder (22) gebildet ist.

15. Vorschubgerät nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Antriebseinrichtung für die vierte Achse von einer Schraubspindelantriebseinrichtung (23) gebildet ist.

16. Vorschubgerät nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Schraubspindel (24) der Schraubspindelantriebseinrichtung (23) einen manuell zu betätigenden Betätigungsknopf (26) trägt.

17. Verfahren zum Nachregeln der Lage eines Oberflächentasters eines Oberflächenmeß- oder -prüfgerätes entsprechend der Kontur der Oberfläche eines Prüflings bei dem der Regelkreis den Oberflächentaster, einen Integrator aufweisende und an den Oberflächentaster angeschlossene Steuerschaltung sowie eine an die Steuerschaltung angeschlossene Stelleinrichtung enthält, die die Lage des Oberflächentasters verändert, und bei dem durch eine Antriebseinrichtung der Oberflächentaster mit konstanter Geschwindigkeit eine Meßstrecke lang über die zu vermessende Oberfläche bewegt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelkreis beim Starten der Bewegung des Oberflächentasters längs der Meßstrecke unterbrochen ist und erst geschlossen wird, nachdem der Oberflächentaster einen Teil seiner Meßstrecke zurückgelegt hat.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß zum Unterbrechen und Schließen des Regelkreises ein gesteuerter Schalter verwendet wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß der Schalter von der Bewegung des Oberflächentasters mechanisch gesteuert wird.

20. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelkreis zwischen dem Oberflächentaster und dem Eingang der Steuerschaltung unterbrochen bzw. geschlossen wird.

21. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Teil der Meßstrecke, nach der der Regelkreis geschlossen wird, eine Länge aufweist, die bei geschlossenem eingeschwungenem Regelkreis einem Wegstück entsprechen würde, an deren Ende der Oberflächentaster eine Lage einnehmen würde, die der Kontur zum Beginn des betrachteten Wegstückes entspräche.

22. Verfahren zum Vorpositionieren eines Oberflächentasters eines Vorschubgerätes, insbesondere zur Messung von Welligkeit und Rauheit nach dem Tastschnittverfahren, wobei das Vorschubgerät aufweist: ein Gehäuse (2); eine in dem Gehäuse (2) angeordnete, eine lineare erste Achse definierende Führungseinrichtung (8) für einen daran geführten Schlitten (14); einen an dem Schlitten (14) gehaltenen Oberflächentaster (12), der gegenüber dem Schlitten (14) bezüglich einer zweiten Achse (51) schwenkbar ist, die rechtwinklig zu der ersten Achse ist und der einen mechanisch/elektrischen Wandler aufweist, der eine Bewegung einer zu dem Oberflächentaster (12) gehörenden beweglichen Tastspitze (17), die auf der Oberfläche des zu vermessenden Werkstücks aufliegt und der Oberflächenstruktur folgt, in ein wegproportionales elektrisches Signal wandelt; sowie eine Antriebseinrichtung (31, 32) für den Schlitten (14), um den Schlitten (14) mit einer konstanten Geschwindigkeit eine festgelegte Wegstrecke längs der Führungseinrichtung (18) zu bewegen; und eine in dem Gehäuse (2) angeordnete Lagerungseinrichtung (44), mit deren Hilfe der Oberflächentaster (12) bezüglich einer linearen dritten Achse relativ zu dem Gehäuse (2) bewegbar ist, wobei die dritte Achse sich im wesentlichen parallel zu der Richtung erstreckt, in der die Abtastspitze (17) von der Oberfläche des zu prüfenden Werkstücks ausgelenkt wird, und der dritten Achse eine Antriebseinrichtung (23, 58) zugeordnet ist; und wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

es wird ein Regelkreis verwendet, der einen Sollwertgeber sowie eine Vergleichseinrichtung aufweist, in der ein Ausgangssignal des Oberflächentasters mit einem Ausgangssignal des Sollwertgebers verglichen wird, es wird mittels des aus dem Vergleich erhaltenen Signals der Oberflächentaster längs der dritten Achse solange verstellt, bis das Ausgangssignal des Oberflächentasters gleich dem Sollwert ist; und es ist der Regelkreis während der Bewegung des Oberflächentasters längs der Wegstrecke, die im Tastschnittverfahren durchlaufen wird, stillgesetzt, wobei auch bei stillgesetztem Regelkreis die Einstellung längs der dritten Achse festgehalten wird.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelkreis erst unmittelbar vor dem Start der Bewegung des Oberflächentasters längs der Strecke, die im Tastschnittverfahren durchlaufen wird, stillgesetzt wird.

24. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Sollwert in einem Bereich verstellbar ist, dessen Bereichsgrenzen jenen Maximalauslenkungen des Oberflächentasters entsprechen, zwischen denen die Auslenkung des Oberflächentasters innerhalb einer vorgegebenen Toleranzbreite der Auslenkung des Oberflächentasters proportional ist.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

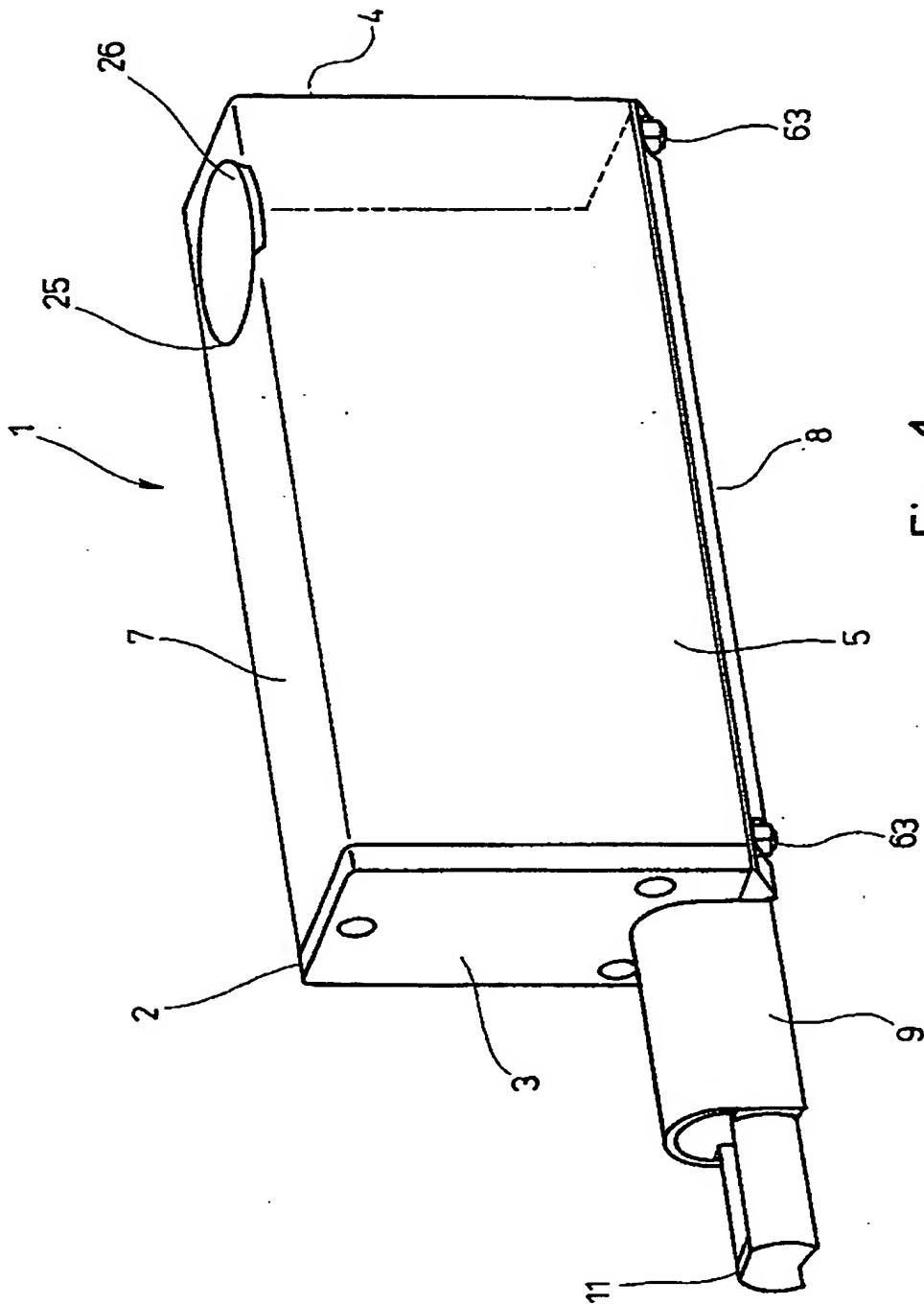


Fig. 1

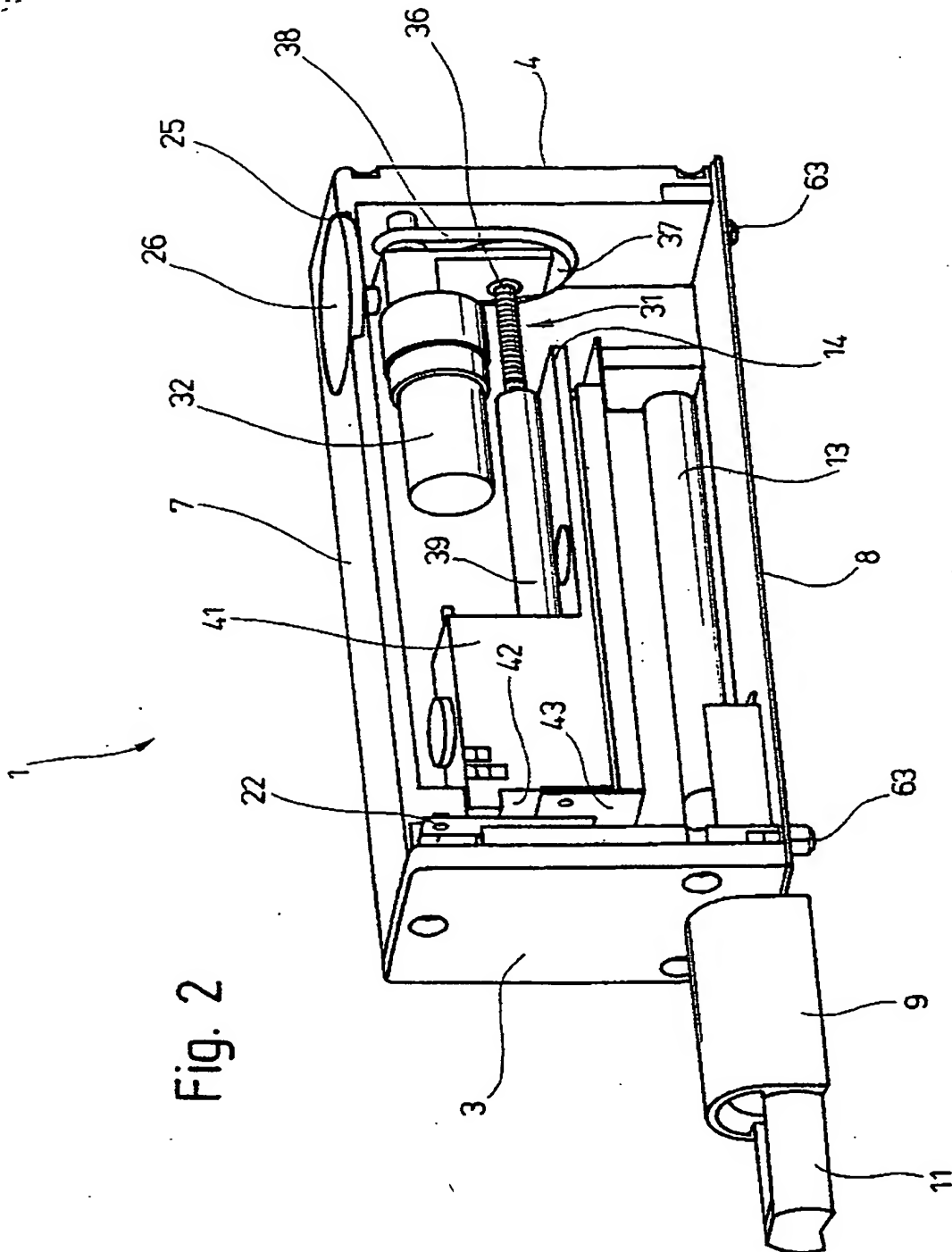


Fig. 2

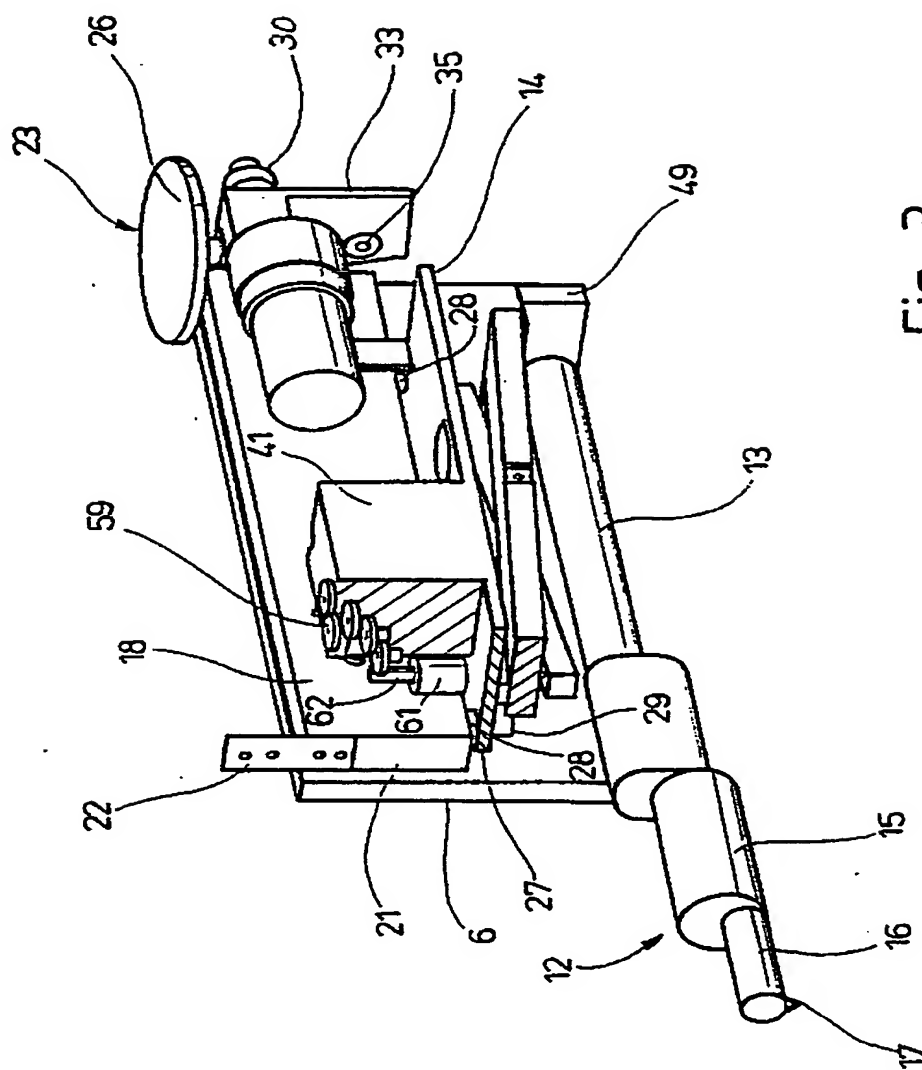


Fig. 3

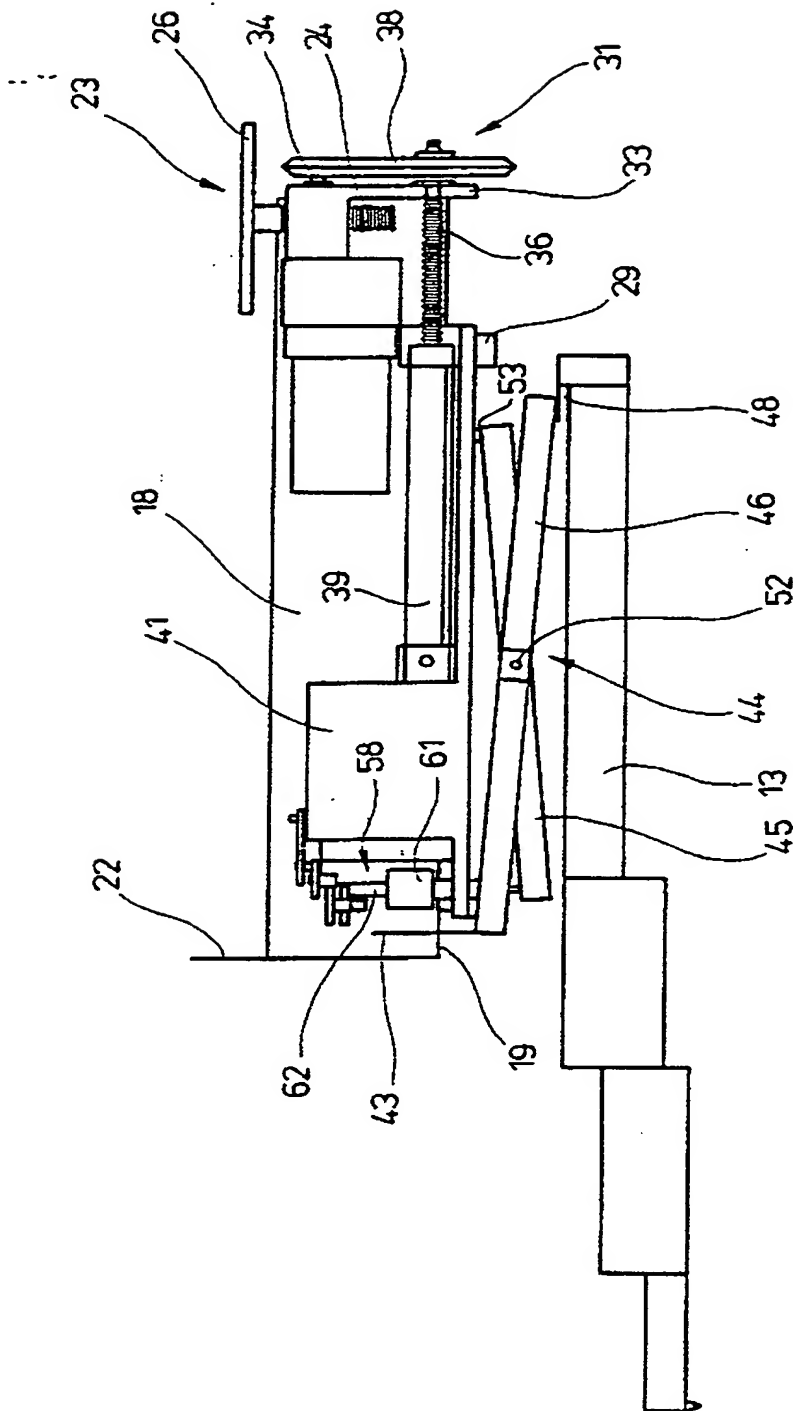


Fig. 4

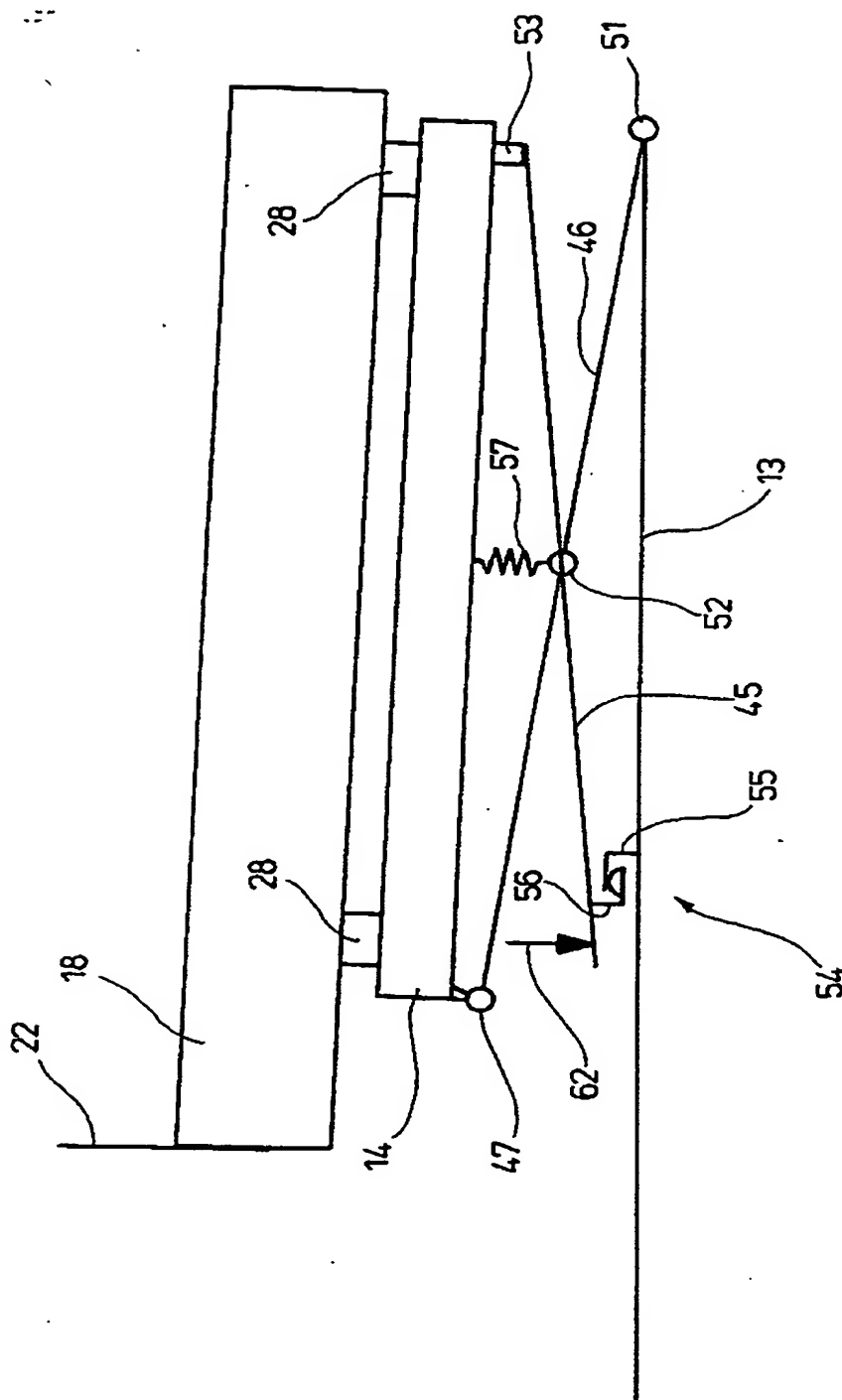


Fig. 5

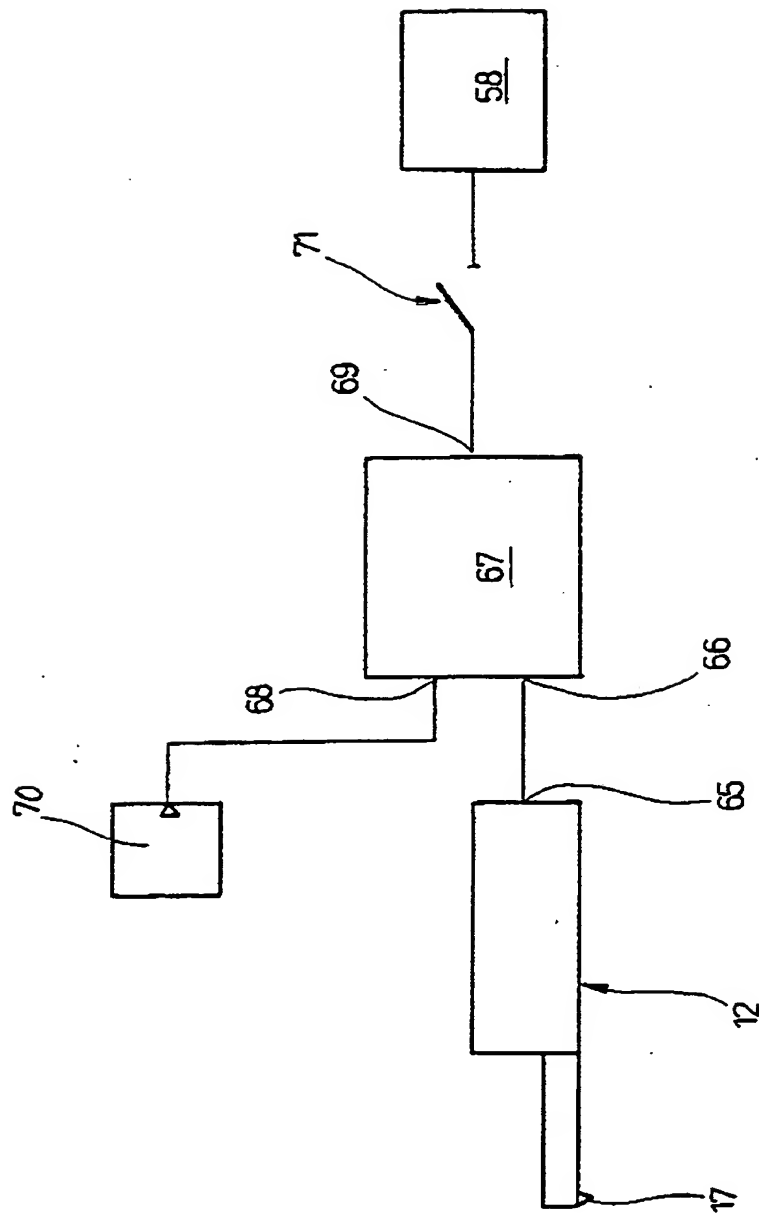


Fig. 6

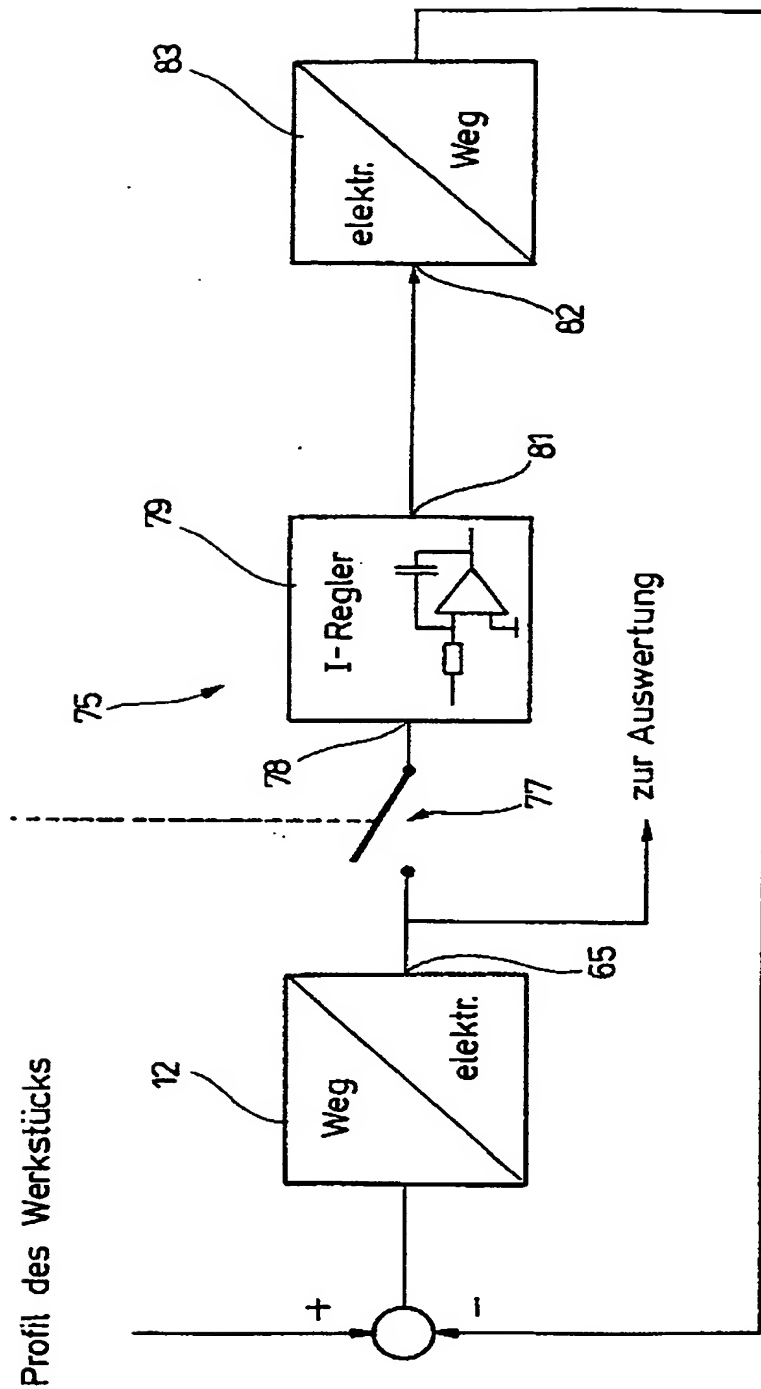


Fig. 7

Fig. 8

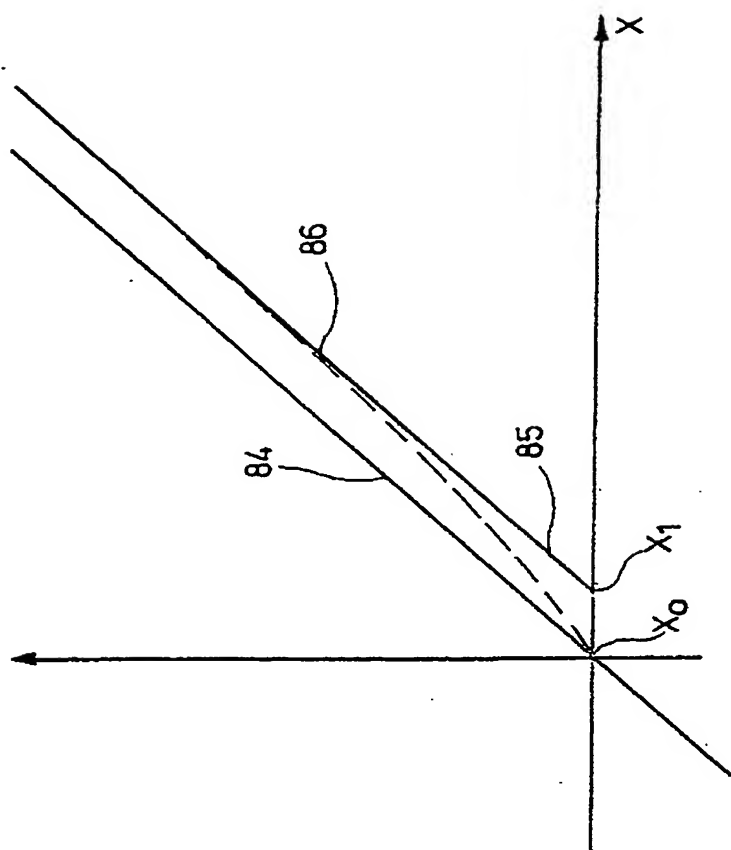
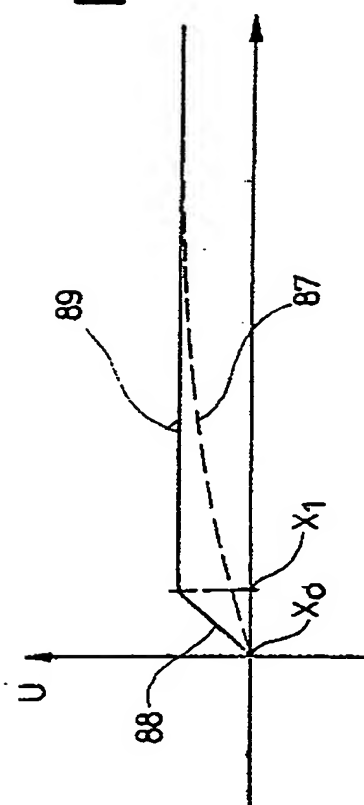


Fig. 9



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.